

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 09.06.98.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 10.12.99 Bulletin 99/49.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-  
MIQUE Etablissement de caractère scientifique techni-  
que et industriel — FR.

(72) Inventeur(s) : PARAT GUY, CAILLAT PATRICE et  
PUGET CHRISTIANE.

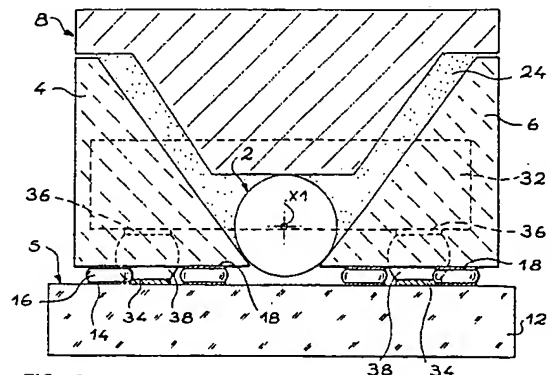
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : BREVATOME.

(54) ASSEMBLAGE PERMETTANT LA CONNEXION DE FIBRES OPTIQUES AVEC DES COMPOSANTS OPTIQUES  
OU OPTOELECTRONIQUES ET PROCEDE DE FABRICATION DE CET ASSEMBLAGE.

(57) Assemblage permettant la connexion de fibres opti-  
ques avec des composants optiques ou optoélectroniques  
et procédé de fabrication de cet assemblage.

Selon l'invention, on forme au moins un support (4, 6) de  
fibre comprenant, pour chaque fibre (2), un logement en for-  
me de V, on fixe le support et le composant (32) à un subs-  
trat (12) par l'intermédiaire d'éléments fusibles (16, 38) et on  
positionne la fibre dans le logement de manière à obtenir  
l'alignement vertical de la fibre par rapport au composant,  
l'alignement horizontal étant obtenu grâce aux éléments  
fondus. Application en microélectronique.



ASSEMBLAGE PERMETTANT LA CONNEXION DE FIBRES OPTIQUES  
AVEC DES COMPOSANTS OPTIQUES OU OPTOELECTRONIQUES ET  
PROCÉDÉ DE FABRICATION DE CET ASSEMBLAGE

DESCRIPTION

5    DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un assemblage permettant la connexion de fibres optiques avec des composants optiques ou optoélectroniques et un procédé de fabrication de cet assemblage.

10            L'invention trouve des applications dans le domaine de la micro-électronique notamment dans tous les cas où il s'agit de connecter des fibres optiques à des sources-lasers ou à des modules optiques (par exemple des diviseurs, des multiplexeurs ou des  
15    capteurs) montés sur des substrats optoélectroniques.

En particulier, dans le cas des télécommunications par transmission optique, l'invention est utilisable lorsqu'une diode-laser (ou une barrette de diodes-lasers à émission latérale) doit  
20    être connectée à une fibre optique (ou à plusieurs fibres optiques).

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans le domaine de la micro-électronique, l'augmentation de la fréquence de fonctionnement des  
25    systèmes électroniques impose :

- la conception de nouveaux principes de transmission de données et notamment la mise en parallèle de bus électriques permettant de transmettre simultanément plusieurs signaux à la fois et/ou
- 5 - l'utilisation de la lumière grâce à des guides d'ondes optiques (guides d'ondes intégrés ou fibres optiques) afin d'augmenter le débit d'information.

Ces guides d'ondes optiques permettent d'obtenir une très bonne immunité aux perturbations électromagnétiques.

De plus, la transmission optique nécessite la réalisation de modules d'émission, de réception et de traitement de signaux lumineux. Pour ce faire des techniques sont développées en particulier sur verre ou silicium afin d'assurer :

- le couplage de fibres optiques
- les connexions optiques et électriques de composants optoélectroniques
- la connexion électrique de composants électroniques d'interface.

On considérera les documents suivants :

[1] "Soldering technology for optoelectronic packaging", 1996 Electronic Component and Technology Conference, p.26 à 36

[2] "Passive alignment for optoelectronic components, Advances in electronic packaging, EFP-vol.19-1, 1997, vol.1, p.753 à 758

30

[3] "Silicon motherboards for multichannel optical module", IEEE transactions on components, packaging,

and manufacturing technology, Partie A, vol.19, n°1,  
mars 1996, p.34 à 40 .

- [4] "Flip-chip optical fiber attachment to a monolithic  
5 optical receiver chip", SPIE, vol.2613, p.53 à 58.

Chacun des assemblages connus par les  
documents [1] à [4] se présente en général sous la  
forme d'un substrat sur lequel :

- 10 - des fibres optiques sont connectées soit en regard de  
guides d'ondes optiques formés dans le substrat soit  
en regard de diodes-lasers et/ou de photodétecteurs,  
- des composants optoélectroniques emboîtés dans ce  
substrat ou placés à la surface de celui-ci sont  
15 couplés à des guides d'ondes optiques et/ou à des  
fibres optiques,  
- des composants électroniques adressant ou recueillant  
des informations venant de composants  
optoélectroniques sont positionnés.

20 Les fibres optiques et les composants  
optiques ou optoélectroniques doivent être parfaitement  
alignés les uns par rapport aux autres pour minimiser  
les pertes optiques.

Les précisions visées peuvent être  
25 inférieures à 0,5  $\mu\text{m}$ .

Pour ce faire, deux techniques sont  
principalement utilisées.

1) On connaît une technique d'alignement  
actif d'une fibre optique avec une diode-laser, dont  
30 l'objectif est de s'assurer en temps réel de la  
performance d'alignement par une mesure électrique avec  
une photodiode.

Pour ce faire, la diode-laser est alimentée et une mesure de la puissance lumineuse à la sortie de la fibre donne une indication sur l'alignement relatif de celle-ci et de la diode-laser. Une optimisation de l'alignement est assurée grâce à de faibles déplacements de cette diode-laser au moyen de micromanipulateurs mécaniques ou piézo-électriques. Un assemblage peut être ensuite obtenu par collage.

Cette technique d'alignement actif présente des inconvénients :

- longueur du processus d'alignement,
- nécessité d'un blocage mécanique, au moyen d'une colle par exemple, de la diode-laser après alignement et
- nécessité que ce blocage n'entraîne pas de contraintes mécaniques susceptibles de modifier l'alignement.

2) On connaît aussi une technique d'alignement passif d'une fibre optique dont l'objectif principal est la réduction des coûts.

Lorsque la fibre doit être connectée parallèlement à un substrat par exemple en silicium, la méthode de connexion la plus répandue actuellement consiste en la réalisation d'une cavité en forme de V dans le substrat en silicium qui a une fonction de micro-banc optique, par exemple selon le principe de gravure selon des plans cristallins préférentiels (100).

La fibre est calée et collée au fond de la cavité en regard d'un composant optoélectronique. Ce composant optoélectronique, s'il est rapporté sur le substrat, est généralement monté la tête en bas par la

technique de retournement de puce (« flip-chip ») sur des liaisons métalliques assurant la continuité électrique, la tenue mécanique et l'évacuation thermique vers le substrat.

5 L'alignement du composant optoélectronique en face de la fibre doit être un alignement absolu dans les trois directions de l'espace. Pour cela on peut utiliser :

- 10 - des équipements très précis qui permettent de positionner et de souder le composant, tout en le maintenant sur le substrat, avec des précisions de l'ordre de 1  $\mu\text{m}$ ,
- des brasures avec des cales de positionnement réalisées dans le substrat et/ou dans le composant à  
15 assembler,
- des éléments de brasure sans cale en utilisant l'effet d'auto-positionnement lié aux forces de mouillabilité de la brasure en phase liquide, l'auto-positionnement ayant lieu parallèlement au substrat  
20 par mouillabilité sur des plots métalliques et perpendiculairement au substrat par le contrôle du volume des éléments de brasure.

Outre l'utilisation de cavités en forme de V dans le substrat, il existe une méthode de fixation  
25 par collage des fibres dans un support intermédiaire en silicium, également gravé en forme de V, et ensuite reporté à l'envers sur le substrat (voir le document [4]). L'alignement et la brasure du support intermédiaire sont réalisés à l'aide d'un équipement de  
30 précision. L'effet d'auto-alignement en phase liquide n'est pas employé. La rigidité des fibres et le poids de l'ensemble ne le permettent pas.

Lorsqu'une fibre est connectée perpendiculairement à un substrat, il existe aussi une méthode d'insertion de la fibre dans une cale percée, préalablement brasée et montée par retournement de puce  
5 (« flip-chip ») et utilisant l'effet d'auto-alignement en phase liquide. A ce sujet on considèrera la figure 5 du document [1].

Un problème se pose dans le cas de l'alignement passif d'une fibre optique en face d'un  
10 composant optoélectronique rapporté sur un substrat d'interconnexion.

Lorsque la fibre est fixée parallèlement au substrat dans une cavité en forme V intégrée à ce même substrat, le positionnement optique du composant  
15 optoélectronique en face de la fibre doit être absolu dans les trois directions de l'espace.

Dans un plan parallèle au substrat, les plots métalliques réalisés, recevant une brasure, sont parfaitement alignés avec la cavité en V car il sont  
20 générés par le même masque lithographique. L'effet d'auto-alignement en phase liquide des microbilles de brasure assure le bon positionnement du composant en face de la fibre.

Par contre, suivant une direction  
25 perpendiculaire au substrat, le contrôle de la hauteur des axes optiques nécessite, pour la fibre, le contrôle de la largeur de la cavité en forme de V (variation de l'enterrement de la fibre) et pour le composant optoélectronique, soit une cale mécanique soit un  
30 contrôle du volume de brasure. Ces opérations sont dépendantes des variations technologiques de fabrication.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de définir un assemblage et un procédé de fabrication de celui-ci, permettant un alignement passif très précis d'une ou de  
5 plusieurs fibres optiques avec un ou plusieurs composants optiques ou optoélectroniques, de façon relative.

Cet assemblage est réalisé à l'aide de microbilles d'un matériau fusible (brasure) sur un  
10 substrat, qui peut être un substrat d'interconnexion, jouant le rôle de micro-banc optique.

Le matériau fusible constitutif des microbilles est par exemple l'indium ou un alliage fusible à base d'étain et de plomb ou tout alliage à  
15 bas point de fusion.

De façon précise, la présente invention a tout d'abord pour objet un assemblage comprenant un substrat et, sur celui-ci, au moins un support de fibre optique, au moins une fibre optique disposée dans ce  
20 support et au moins un composant optique ou optoélectronique, l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant étant alignés, cet assemblage étant caractérisé en ce que le support et le composant sont fixés au substrat par l'intermédiaire de  
25 microbilles en matériau fusible, permettant à l'axe optique de la fibre et à l'axe optique du composant d'être parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, en ce que le support comprend, pour chaque fibre, un logement en  
30 forme de V ayant deux parois inclinées l'une vers l'autre, l'ouverture du « V » étant située sur la face



du support qui n'est pas fixée au substrat, et en ce que la fibre est positionnée dans le logement, le volume de chaque microbille et le logement étant déterminés de façon que l'axe optique de la fibre et  
5 l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un premier mode de réalisation particulier de l'assemblage objet de l'invention, le  
10 logement traverse l'ensemble du support, le logement ayant ainsi deux arêtes inférieures, la distance séparant ces deux arêtes inférieures étant déterminée, compte tenu du diamètre de la fibre et des points d'appui de celle-ci dans le logement, pour que l'axe  
15 optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans le même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un deuxième mode de réalisation particulier, le logement ne traverse pas le support.

20 La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un assemblage comprenant un substrat et, sur celui-ci, au moins un support de fibre optique, au moins une fibre optique disposée dans ce support et au moins un composant  
25 optique ou optoélectronique, l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant étant alignés, ce procédé étant caractérisé en ce qu'on forme le support de fibre, ce support comprenant, pour chaque fibre, un logement en forme de V ayant deux parois inclinées  
30 l'une vers l'autre, l'ouverture du « V » étant située sur la face du support qui n'est pas fixée au substrat, et comprenant aussi une pluralité de premiers plots d'accrochage, en ce qu'on forme aussi une pluralité de

premiers plots d'accrochage sur le composant, en ce qu'on forme des deuxièmes plots d'accrochage sur le substrat, ces deuxièmes plots étant destinés à être respectivement associés aux premiers plots, en ce qu'on  
5 forme, sur les premiers plots et/ou les deuxièmes plots, des éléments faits d'un matériau fusible, apte à être brasé aux premiers et deuxièmes plots, ces premiers et deuxièmes plots étant mouillables par ce matériau à l'état fondu tandis que leur environnement  
10 ne l'est pas, en ce qu'on fixe le support et le composant sur le substrat par l'intermédiaire des éléments correspondants, ces éléments étant portés à l'état fondu à cet effet et permettant à l'axe optique de la fibre et à l'axe optique du composant d'être  
15 parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, et en ce qu'on positionne la fibre dans le logement, le volume de chaque élément et le logement étant déterminés pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du  
20 composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un premier mode de mise en oeuvre particulier (« V traversant ») du procédé objet de l'invention, le logement traverse l'ensemble du  
25 support, le logement ayant ainsi deux arêtes inférieures, la distance séparant ces deux arêtes inférieures étant déterminée, compte tenu du diamètre de la fibre et des points d'appui de celle-ci dans le logement, pour que l'axe optique de la fibre et l'axe  
30 optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans le même plan parallèle à la surface du substrat.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre particulier (« V non traversant), le logement ne traverse pas le support.

Le support peut comprendre une pluralité  
5 d'exemplaires parallèles dudit logement en forme de V et l'on positionne alors respectivement une pluralité de fibres optiques dans lesdits exemplaires.

Chaque fibre peut être fixée au moyen d'une colle dans le logement correspondant.

10 De préférence, pour une plus grande solidité de l'assemblage, la colle s'étend entre le support et le substrat, autour des éléments en matériau fusible disposé sous le support.

Selon un mode de mise en oeuvre particulier  
15 du procédé objet de l'invention, on fabrique un capot apte à recouvrir chaque logement et chaque fibre est pressée contre le logement correspondant au moyen de ce capot puis avantageusement fixée dans ce logement correspondant.

20 Ce capot peut être transparent, ce qui permet d'observer chaque fibre dans son logement et même de coller cette fibre dans ce logement par durcissement d'une colle polymérisable par un rayonnement (généralement un rayonnement ultraviolet)  
25 que l'on envoie vers la colle à travers le capot.

Selon un premier mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, le capot comprend, pour chaque fibre, une protubérance par l'intermédiaire de laquelle cette fibre est pressée  
30 contre le logement correspondant.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, le capot comprend une face plane par l'intermédiaire de laquelle

chaque fibre est pressée contre le logement correspondant, la fibre dépassant de la face du support qui n'est pas fixée au substrat.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, relatif au « V traversant », on forme le support à partir d'une plaque dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette plaque, de façon à obtenir la distance déterminée entre les deux arêtes inférieures de chaque V, on forme les premiers plots correspondant au support par une technique de photolithographie et on sépare l'une de l'autre lesdites parois du logement.

Dans le cas particulier où la plaque présente une épaisseur initiale trop importante, la formation du support comprend en outre une étape d'amincissement de la plaque réalisée avant ou après la gravure du V.

Selon un autre mode de réalisation particulier relatif au « V non traversant » on forme le support à partir d'une plaque dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette plaque et on forme les premiers plots correspondant au support par une technique de photolithographie.

De préférence, les premiers plots correspondant au composant sont formés par une technique de photolithographie.

De préférence également, les deuxièmes plots sont formés sur le substrat par une technique de photolithographie.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les éléments formés sur les deuxièmes plots ont tous la même épaisseur.

De préférence, on fait passer à l'état fondu les éléments formés sur les deuxièmes plots, chaque élément prenant alors sensiblement la forme d'une bille, on fait ensuite passer ces éléments en  
5 forme de bille à l'état solide et on fait passer ces derniers à l'état fondu pour assembler le composant et le support avec le substrat.

La forme des billes dépend de la forme des deuxièmes plots et n'est donc pas forcément sphérique.

10 De préférence également, pour avoir la même précision sur la hauteur des différentes billes, les éléments sont formés simultanément par photolithographie sur les deuxièmes plots.

#### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

15 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 20 • la figure 1 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique est plaquée sur des cales épaisses par un capot contenant une protubérance,
- 25 • la figure 2 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique est plaquée sur des cales minces au moyen d'un capot à surface plane,

- la figure 3 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique est plaquée contre des cales en face d'une diode laser,  
5
- la figure 4 est une vue en coupe transversale schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel des fibres optiques sont fixées sur des cales minces,
- 10 • la figure 5 est une vue de dessus schématique d'un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique et une diode laser sont optiquement alignées, le capot permettant de plaquer la fibre dans le logement défini par les cales n'étant pas représenté,  
15
- la figure 6 est la coupe AA de la figure 5 le capot étant représenté,
- les figures 7, 8A, 8B, 9, 10A, 10B, 11A et 11B illustrent schématiquement un procédé de fabrication d'un support de fibre utilisable dans la présente invention,  
20
- les figures 12A à 12E illustrent schématiquement diverses étapes de préparation d'un substrat pour la mise en oeuvre d'un procédé conforme à l'invention,  
25
- les figures 13A à 13D illustrent schématiquement des étapes de mise en oeuvre de ce procédé conforme à l'invention qui suivent les étapes illustrées schématiquement par les figures 12A à 12E,  
30

- la figure 14 est une vue en coupe transversale schématique d'un autre assemblage conforme à l'invention dans le cas d'un « V non traversant », et
- 5 • les figures 15A, 15B, 16A et 16B illustrent schématiquement des étapes d'un procédé de fabrication d'un support de fibre à « V non traversant » utilisable dans l'invention.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

10 Dans les exemples de l'invention qui suivent, afin d'assurer l'alignement optique, chaque fibre optique est positionnée et avantageusement fixée dans un logement défini par deux cales biseautées qui forment un support de fibre.

15 Ces deux cales sont préalablement brasées sur un substrat d'interconnexion en même temps que le composant optique ou optoélectronique que l'on veut connecter à la fibre.

20 Ce brasage a lieu à la suite d'un prépositionnement grossier (erreur inférieure ou égale à 5  $\mu\text{m}$ ) de la fibre et du composant.

25 Les forces de tension de surface des microbilles de brasure en phase liquide (technique connue par le document [1]) permettent d'obtenir un alignement optique « horizontal » c'est-à-dire de rendre l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à la surface du substrat, surface sur laquelle se fait la connexion, lorsque cette surface  
30 est plane (ou parallèle à une zone superficielle plane

du substrat lorsque celui-ci comprend des marches définies par des zones superficielles planes et parallèles, décalées en hauteur les unes par rapport aux autres).

5 L'alignement optique « vertical », c'est-à-dire le fait de rendre l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat, est contrôlé par les volumes relatifs des microbilles  
10 et par la distance séparant les deux arêtes inférieures du logement compte tenu du diamètre de la fibre et de ses points d'appui dans le logement.

En effet, grâce à un tel assemblage la précision de positionnement de la fibre et du composant  
15 est très importante car elle devient une précision relative et non plus une précision absolue comme dans l'art antérieur. Il est néanmoins nécessaire que le coeur (« core ») de la fibre optique soit bien référencé par rapport à la surface externe cylindrique  
20 de la gaine (« cladding ») optique de la fibre.

La figure 1 montre un assemblage conforme à l'invention entre une fibre optique et un composant, par exemple une diode laser (non représentée).

La fibre optique 2 est placée sur des cales  
25 épaisses et biseautées 4 et 6 formant un support de fibre et un capot 8 usiné, muni d'une protubérance 10, plaque la fibre contre les parois respectives des cales qui forment un V traversant lorsqu'elles sont vues en coupe transversale.

30 On voit également un substrat d'interconnexion 12 dont la surface supérieure S comporte des plots d'accrochage généralement métalliques 14 qui sont formés par gravure sur le



substrat et sur lesquels des microbilles de brasure 16  
ont été préalablement formées. Les deux cales  
biseautées ont été réalisées par exemple dans une  
plaque de silicium dont la surface était orientée selon  
5 le plan (100), par gravure selon des plans cristallins  
préférentiels à l'aide de KOH, puis métallisées, pour  
former des plots d'accrochages 18 sur les faces  
inférieures des cales, et brasées librement sur le  
substrat après positionnement des plots 18 sur les  
10 microbilles.

Dans l'exemple représenté, la hauteur H3  
des cales vaut 250  $\mu\text{m}$  et l'angle  $\beta$  des parois du  
logement en V défini par les deux cales, par rapport à  
la surface S du substrat, vaut 54,74°.

15 Le positionnement des deux cales en vue de  
l'alignement optique « horizontal » de la fibre et du  
composant a lieu automatiquement par mouillabilité de  
la brasure sur les plots d'accrochage métalliques 14 et  
18 qui se font face.

20 Le positionnement vertical, c'est-à-dire  
suivant une direction perpendiculaire à la surface S,  
dépend de la distance H2 (22  $\mu\text{m}$  dans l'exemple  
représenté) entre ces faces inférieures des cales et la  
surface supérieure S du substrat qui est directement  
25 liée au volume de brasure, et de la distance séparant  
les arêtes inférieures du logement compte tenu du  
diamètre de la fibre et de ses points d'appui dans le  
logement.

En effet, pour une fibre de diamètre donné  
30 et une distance entre arêtes donnée, suivant l'angle  $\beta$ ,  
cette fibre aura un positionnement « vertical »  
variable du fait de la modification des points d'appui.

De même, pour un angle  $\beta$  donné et une distance entre arêtes donnée, suivant le diamètre de la fibre, le positionnement « vertical » sera également variable. La détermination de la distance entre arêtes  
5 est obtenue par le positionnement précis des plots d'accrochage sur les cales.

Ainsi, la connaissance de la distance D entre les plots d'accrochage à proximité des arêtes et les arêtes, connaissant le pas des plots réalisés sur  
10 le substrat, permet de connaître la distance entre les arêtes.

La fibre optique 2, dont la gaine optique  
20 a, dans l'exemple représenté, un diamètre extérieur d de 120  $\mu\text{m}$  (diamètre de la fibre) est placée dans le  
15 logement en forme de V de sorte que l'axe X1 de la fibre (axe du coeur 22 de celle-ci) soit parallèle à la surface supérieure du substrat.

Ensuite on remplit par exemple le logement en forme de V d'une colle 24 et la fibre par exemple  
20 est mise au contact des cales en appuyant sur cette fibre avec le capot jusqu'à ce que la colle soit sèche.

L'angle  $\beta$  étant parfaitement connu, la cote finale H1 (8  $\mu\text{m}$  dans l'exemple représenté), distance minimale entre la surface externe de la gaine optique  
25 20 et la surface supérieure S du substrat, dépend comme on l'a vu de la précision du positionnement des plots d'accrochage 18 formés sur les faces inférieures des cales et donc de la cote D qui est la distance entre  
l'arête inférieure 26 d'une cale et l'axe du plot  
30 d'accrochage 18 de cette cale le plus proche de cette arête et qui vaut par exemple 50  $\mu\text{m}$ .

Dans l'exemple représenté le capot est usiné ou moulé. Il peut être transparent, par exemple en PMMA (polyméthylmétacrylate), pour vérifier la qualité du collage et/ou pour polymériser la colle par un rayonnement ultraviolet envoyé à travers ce capot transparent, lorsque cette colle est photopolymérisable.

Au lieu d'être en silicium, les cales peuvent être en un autre matériau usiné très précisément avec un contrôle sub-micronique des cotes.

De préférence un grand nombre de micro-billes 16 sont placées sous les cales afin de garantir une bonne tenue mécanique lors du positionnement de la fibre et du collage de celle-ci.

La colle peut remplir tout le volume compris entre le capot et les cales mais elle peut également déborder sous ces cales autour des micro-billes de brasure. Ceci renforce la tenue mécanique de l'assemblage pour empêcher tout arrachement de la fibre lors de la manipulation de l'assemblage terminé.

L'épaisseur H3 des cales biseautées peut varier suivant l'application considérée de l'assemblage. Seule la zone de contact entre la fibre et chaque cale est importante.

La forme du capot maintenant la fibre contre les cales peut également varier suivant l'épaisseur de ces cales (voir la figure 1 et les figures 2, 3, et 4).

Ce capot peut être fabriqué par gravure par exemple d'une plaque de silicium au moyen de KOH (cas de la figure 3) ou être usiné ou moulé dans un autre matériau.

Dans tous les cas le capot peut avantageusement plaquer chaque fibre contre les cales.

Les dimensions de ce capot ne sont pas critiques sauf la cote H4 c'est-à-dire la hauteur de la protubérance 10 (figure 1) qui est la distance entre la paroi inférieure plane 28 du capot et la face inférieure 30 de cette protubérance). Il convient que cette cote H4 soit suffisante pour appuyer sur chaque fibre pour que celle-ci soit bien maintenue au contact des cales (voir la figure 1). Dans l'exemple de la figure 1 on choisit  $H4 \geq 160 \mu\text{m}$ .

Dans le cas du montage de plusieurs fibres parallèlement les unes aux autres (voir la figure 4) le capot ne prend appui que sur les fibres.

Dans le cas d'une seule fibre le capot peut prendre appui sur cette fibre et éventuellement sur l'une des deux cales en même temps.

La figure 2 montre un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre 2 est plaquée contre deux cales minces 4 et 6 par l'intermédiaire d'un capot 8 dont la face inférieure 28 est plane (sans protubérance).

On voit que l'assemblage de la figure 2 est comparable à celui de la figure 1 mais, dans le cas de la figure 2, l'épaisseur ou hauteur H3 des cales est inférieure au diamètre d de la fibre (H3 vaut par exemple d moins environ  $20 \mu\text{m}$ ), ce qui permet l'utilisation du capot 8 sans protubérance.

La figure 3 montre un assemblage conforme à l'invention dans lequel une fibre optique 2 est maintenue sur des cales biseautées 4 et 6, en face d'un composant optique ou optoélectronique comme par exemple

une diode-laser 32, et optiquement connectée à cette dernière.

La figure 3 est comparable à la figure 1. Le capot 8 de la figure 3 a simplement une forme  
5 différente. La diode-laser est brasée sur le substrat 12 avantageusement en même temps que les cales. On voit les plots d'accrochage 34 formés sur le substrat 12 et correspondant à cette diode-laser 32, les plots d'accrochage 36 formés sur cette diode-laser et les  
10 microbilles de brasure 38 reliant les plots 34 respectivement aux plots 36. Les microbilles 38 étant de préférence toutes réalisées sur le substrat 12, une variation globale de hauteur de dépôt de brasure engendre un décalage vertical (c'est-à-dire un décalage  
15 perpendiculaire à la surface supérieure S du substrat) de la fibre et de la diode-laser mais l'alignement vertical de l'axe optique X1 de la fibre et de l'axe optique de la diode-laser est conservé.

La figure 4 est une vue schématique d'un  
20 assemblage conforme à l'invention, comprenant un ensemble de N fibres optiques identiques et parallèles (seules deux fibres sont représentées sur la figure 4) sur des cales minces 40, 42, 44 ( $N \geq 2$ ).

La figure 4 est comparable à la figure 2  
25 (la face inférieure 28 du capot 8 est plane). On a représenté le positionnement des fibres optiques avec un pas (distance entre les axes optiques X1 de fibres adjacentes) standard P de 250  $\mu\text{m}$ . Dans cet exemple on a utilisé des cales minces. Il est alors possible de  
30 braser par exemple une barrette de N diodes-lasers (non représentée) en face de cette nappe de fibres optiques pour connecter chaque fibre à l'une des diodes de la

barrette. Dans le cas de la figure 4, le support de fibres comprend  $N+1$  cales parmi lesquelles  $N-2$  sont biseautées sur deux côtés opposés (voir la cale 42 de la figure 4).

5 La figure 5 est une vue schématique de dessus d'un assemblage conforme à l'invention, permettant l'alignement optique d'une fibre optique 2 et d'une diode-laser 32, le capot de cet assemblage (non représenté) maintenant la fibre contre son  
10 logement en forme de V formé par deux cales biseautées 4 et 6. On voit les plots d'accrochage 18 et 36 des microbilles de brasure 16 et 38 respectivement sur les cales et sur la diode-laser. L'axe optique  $X_1$  de la fibre et l'axe optique  $X$  de la diode-laser sont  
15 confondus. La longueur des cales, comptée parallèlement à l'axe optique de la fibre, est notée  $L_1$  et vaut 23 mm dans l'exemple représenté. La distance entre le bord extérieur d'une cale parallèle à la fibre et l'axe  $X_1$  de la fibre est notée  $L_2$  et vaut 1,5 mm dans l'exemple  
20 représenté.

La figure 6 est la coupe AA de la figure 5 (la fibre n'est pas coupée) avec le capot 8 de l'assemblage.

25 La distance  $Y_1$  entre la face de la fibre et la face de la diode qui sont en regard l'une de l'autre est réglable (avant l'immobilisation de la fibre dans son V).

Les figures 7 à 11B illustrent schématiquement un mode de réalisation particulier d'un  
30 support de fibre constitué de deux cales.

Ces deux cales peuvent être réalisées par gravure chimique d'une plaque de silicium. Pour ce faire deux solutions sont envisageables :

- soit la plaque initiale est plus épaisse que la profondeur du V que l'on veut obtenir et cette plaque est alors amincie en cours de réalisation des cales
- soit la plaque initiale est sélectionnée de façon que  
5 son épaisseur corresponde à cette profondeur du V (précision de l'ordre de  $1\text{ }\mu\text{m}$ ) et il n'y a donc aucun amincissement à faire par la suite.

On décrit ci-après un mode de réalisation particulier correspondant au premier cas.

10 On utilise une plaque de silicium monocristallin 46 (figure 7) dont la surface est parallèle au plan (100) et des dépôts de nitrure de silicium 48 et 50 sont respectivement effectués sur les faces supérieure et inférieure de cette plaque. Ensuite  
15 une photolithographie utilisant une couche de résine photosensible 52 suivie d'une gravure de la couche supérieure 48 permet d'éliminer le nitrure de silicium sur une bande orientée parallèlement à la famille des plans (100). L'ensemble ainsi obtenu est plongé dans un  
20 bain de gravure constitué de KOH chaud jusqu'à la formation, dans la plaque 46, d'un sillon 54 en forme de V selon les plans (111) comme on le voit sur la figure 8A et sur la figure 8B qui est la coupe AA agrandie de la figure 8A.

25 Le nitrure de silicium qui servait de masque pour la gravure du silicium est ensuite enlevé (figure 9). La plaque 46 est amincie par sa face-arrière, par polissage mécanique, jusqu'à la pointe du V. Cette étape est critique car elle détermine la cote  
30 D (voir figure 1). Ce polissage mécanique doit être arrêté très précisément lorsque la ligne correspondant au fond du V apparaît. Pour ce faire il est possible

d'utiliser une détection optique en éclairant l'une des deux faces de la plaque. L'apparition d'une bande de lumière sur la face opposée indique la fin du polissage. Une erreur d'amincissement de 1  $\mu\text{m}$  des cales  
5 provoque une variation de hauteur de positionnement de la fibre de 1  $\mu\text{m}$ .

Un dépôt, par exemple par pulvérisation cathodique d'une couche de métal apte à être brasé, comme par exemple la bicouche TiNi, est ensuite formé  
10 sur la face-arrière de la plaque 46. Une lithographie définissant les plots d'accrochage 18 des micro-billes est ensuite effectuée puis le dépôt de métal est gravé (voir la figure 10A et la figure 10B qui est la coupe AA agrandie de la figure 10A).

15 Cette lithographie est alignée soit sur la pointe du V du côté de la face-arrière de la plaque 46 soit sur la face-avant de celle-ci avec un équipement d'alignement et d'insolation double face très précis (décalage d'alignement face-arrière/face-avant  
20 inférieur à 1  $\mu\text{m}$ ). On délimite ensuite la zone de la plaque portant les plots grâce à des chemins de découpe U et W prévus à cet effet.

Ensuite une découpe par scie diamantée permet de séparer deux cales 4 et 6 l'une de l'autre  
25 (voir la figure 11A et la figure 11B qui est la coupe AA agrandie de la figure 11A).

Les figures 12A à 12E illustrent schématiquement diverses étapes de préparation d'un substrat en vue de former un assemblage conforme à  
30 l'invention.

Les figures 13A à 13D illustrent schématiquement diverses étapes d'un procédé



d'assemblage d'une fibre optique et d'un composant conformément à l'invention.

On cherche donc à aligner optiquement sur la surface plane S du substrat 12 (figure 12A) une fibre optique 2 (figure 13D) et un composant 32 qui est par exemple une diode-laser.

La fibre optique est appliquée contre les parois en V d'un logement défini par deux cales (seule l'une 6 de celles-ci est représentée) au moyen, par exemple, d'un capot 8 et fixée dans ce logement par une colle 24. Les cales sont fixées à la surface plane de substrat par l'intermédiaire de microbilles de brasure 16. Chaque microbille est fixée, d'un côté, à un plot d'accrochage 14 formé sur la surface plane S du substrat 12 et, de l'autre côté, à un autre plot d'accrochage 18 dont est pourvue la surface inférieure des cales qui se trouvent en regard de cette surface du substrat. De même chaque microbille de brasure 38 de la diode-laser 32 est fixée, d'un côté, à un plot d'accrochage 34 formé sur la surface plane du substrat et, de l'autre côté, à un autre plot d'accrochage 36 formé sur la surface de la diode-laser qui est située en regard de cette surface plane du substrat. Bien entendu, chacun des plots est mouillable par la brasure constitutive des microbilles tandis que l'environnement de ces plots ne l'est pas.

On commence (figure 12A) par former sur la surface plane S du substrat 12 les plots d'accrochage 14 et 34 des diverses microbilles qui seront ultérieurement formées. Pour ce faire, on peut utiliser un dépôt métallique pleine tranche par pulvérisation cathodique de type TiNiAu suivi d'une étape de photolithographie et d'une étape de gravure.

Ces plots d'accrochage 14 et 34 peuvent avoir une forme quelconque, par exemple une forme circulaire, hexagonale, octogonale ou carrée et même rectangulaire. De ce fait, les microbilles ne sont pas  
5 forcément sphériques.

Dans l'exemple représenté, ces plots sont des disques de diamètre  $d_1$  pour les plots 14 et des disques de diamètre  $d_2$  pour les plots 34.

Les dimensions de ces plots (les diamètres  
10  $d_1$  et  $d_2$  dans l'exemple représenté), comptées parallèlement à la surface du substrat, sont déterminées à partir des hauteurs désirées pour les microbilles.

De plus, on peut prévoir des lignes  
15 d'interconnexion électriques, qui sont intégrées au substrat ou situées à la surface de celui-ci, pour alimenter électriquement (par l'intermédiaire des plots et des microbilles ultérieurement formées) la diode-laser et éventuellement d'autres composants qui le  
20 nécessiteraient.

De façon avantageuse, dans le cas où ces lignes d'interconnexion (non représentées) sont disposées à la surface du substrat, pour maintenir une hauteur identique de tous les plots d'accrochage des  
25 microbilles, une surface délimitée du matériau utilisé pour ces interconnexions électriques peut être déposée sous les plots d'accrochage qui ne sont pas connectés électriquement.

Ensuite (figure 12B), une étape de  
30 lithographie permet de définir les volumes des microbilles à partir des ouvertures circulaires de diamètres respectifs  $D_1$  et  $D_2$ , de la résine

photosensible utilisée, de l'épaisseur  $E$  de brasure choisie et des dimensions  $d1$  et  $d2$ .

Pour ce faire, on dépose une couche de résine photosensible 56 (figure 12B) sur la surface plane  $S$  du substrat 12 et on insole cette résine pour y définir les ouvertures circulaires de diamètre  $D1$  (correspondant aux cales) et les autres ouvertures circulaires de diamètre  $D2$  (correspondant à la diode-laser).

Ensuite (figure 12C), on dépose par évaporation le matériau fusible (brasure), destiné à la formation ultérieure des microbilles, à travers les ouvertures de diamètres  $D1$  et  $D2$  ainsi obtenues jusqu'à ce que l'on obtienne une épaisseur  $E$  de matériau fusible dans ces ouvertures et sur la couche de résine.

Comme on le voit sur la figure 12C, on obtient ainsi des disques 60 de brasure, de diamètre  $D1$ , et des disques 62 de brasure de diamètre  $D2$  respectivement formés au-dessus des plots 14 et 34.

Connaissant l'épaisseur  $E$  commune à tous les disques 60 et 62, les diamètres respectifs  $d1$  et  $d2$  des plots 14 et 34 et les hauteurs respectives  $h1$  et  $h2$  des microbilles 16 et 38 que l'on veut former, on en déduit les diamètres  $D1$  et  $D2$  des ouvertures que l'on doit former dans la couche de résine.

Après avoir formé les disques de brasure on élimine la couche de résine 56 par la technique appelée « lift-off ». Le matériau fusible 64 déposé sur cette couche 56 est ainsi éliminé (figure 12D).

Ensuite (figure 12E), on élève la température du substrat 12 au-dessus de la température de fusion du matériau constitutif des disques 60 et 62 et l'on obtient ainsi des microbilles 16 et des

microbilles 38, ces microbilles étant respectivement accrochées aux plots 14 et 34.

On procède ensuite à la réalisation de l'assemblage complet.

5                   On procède d'abord (figure 13A) à l'hybridation des cales et de la diode-laser. Pour ce faire, on commence par aligner grossièrement ces cales et la diode-laser (erreur environ égale à  $\pm 5 \mu\text{m}$ ) : on positionne convenablement les cales et la diode-laser  
10 de façon que leurs plots d'accrochage respectifs 18 et 36 reposent sur les microbilles correspondantes 16 et 38.

Puis on élève la température des microbilles au-delà de leur température de fusion.

15                   Il convient de noter que l'on peut procéder à l'hybridation des cales et de la diode-laser au moyen des disques 60 et 62 (figure 12D) sur lesquels on positionne convenablement ces cales et la diode-laser. Ensuite on élève la température des disques au-delà de  
20 leur température de fusion.

Dans les deux cas on aboutit à la structure de la figure 13B.

On laisse ensuite refroidir la brasure jusqu'à la température ambiante, d'où l'hybridation des  
25 cales et de la diode-laser sur le substrat.

La fibre optique 2 (figure 13C) est ensuite positionnée dans le logement en forme de V défini par les cales avant ou après avoir déposé la colle 24 dans ce logement puis le capot 8 (figure 13D) est pressé  
30 contre la fibre optique durant la phase de séchage ou de polymérisation de la colle. Dans l'exemple représenté, on a délibérément laissé couler la colle

sous les cales pour renforcer la tenue mécanique de celles-ci sur le substrat. Cette technique est connue dans le domaine du retournement de puce (« flip-chip ») sous le nom de « underfill resin technique ».

5 Bien entendu il est possible de positionner simultanément plusieurs fibres parallèles et plusieurs composants en utilisant pour ce faire plusieurs cales (figure 4) obtenues simultanément par une technique comparable à celle qui est illustrée par les figures 7  
10 à 11B (il faut alors former plusieurs V parallèles dans la plaque de silicium).

La figure 14 est une vue schématique d'un autre assemblage conforme à l'invention. Cet autre assemblage est à comparer à celui de la figure 1 et,  
15 sur ces figures 1 et 14, les mêmes éléments ont les mêmes références. La figure 14 illustre le fait qu'il est possible d'utiliser un support 66 (cale unique) ayant un logement en V qui ne débouche pas au fond du support (V « non traversant ») pour aligner une fibre 2  
20 en face d'un composant optique (non représenté). La cale et le composant optique sont alignés de façon relative selon l'axe X1. La position du coeur de la fibre selon l'axe X1 est connue précisément si l'on contrôle précisément les cotes H2 de hauteur de brasure  
25 16, H7 entre le fond du V et la face inférieure de la cale, H8 entre la fibre et le fond du V et le diamètre d de la fibre. La cote H7 dépend à la fois de l'épaisseur H3 de la cale, de l'ouverture H11 du V et de l'angle  $\beta$  des parois du V. La cote H8 dépend de  
30 l'angle  $\beta$  des parois du V, et du diamètre de la fibre. Donc les cotes critiques pour l'alignement vertical sont H2, H3, H11, d et l'angle  $\beta$ .

La surépaisseur  $H_4$  du capot (protubérance 10) sera nécessaire pour plaquer la fibre contre les parois du V si celle-ci ne dépasse pas de la surface de la cale, c'est-à-dire si  $H_8 + d \leq H_9$ .

5                    Cette cale 66 non débouchante peut être creusée de plusieurs V en parallèle pour positionner plusieurs fibres.

On explique ci-après un mode de réalisation particulier d'une cale ayant un V non traversant.

10                   Les premières étapes sont celles qui ont été décrites en faisant référence aux figures 7, 8A et 8B : la cale peut être réalisée par gravure chimique anisotrope d'une plaque de silicium monocristallin dont l'épaisseur est parfaitement connue. Une erreur de  
15 mesure de  $1 \mu\text{m}$  de l'épaisseur provoquera une variation de hauteur de positionnement de la fibre de  $1 \mu\text{m}$ .

Sur cette plaque de silicium monocristallin dont la surface est parallèle au plan (100), un dépôt de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  est effectué sur les deux faces. Une  
20 lithographie puis une gravure permettent de dégager le  $\text{Si}_3\text{N}_4$  sur une bande orientée parallèlement à la famille des plans (100) (figures 7). L'ensemble est plongé dans un bain de gravure fait de KOH chaud jusqu'à la formation du V selon les plans (111) (figures 8A et  
25 8B). Le  $\text{Si}_3\text{N}_4$  qui servait de masque à la gravure est ensuite dégagé.

Les étapes suivantes sont illustrées par les figures 15A, 15B (coupe AA agrandie de la figure 15A), 16A et 16B (coupe AA agrandie de la figures 16A)  
30 à comparer respectivement aux figures 10A, 10B, 11A et 11B, les mêmes éléments ayant les mêmes références : un ..... dépôt (par exemple une pulvérisation) d'une couche de

métal brasable (par exemple une bicouche de TiNi) est fait sur la face-arrière, une lithographie définissant les plots d'accrochage des billes s'ensuit puis le métal est gravé. La lithographie est alignée sur la face-avant de la plaque pour assurer un positionnement précis entre les plots et l'ouverture du V, avec un équipement d'alignement et d'insolation double face très précis (décalage d'alignement face-arrière par rapport à face-avant inférieur à 1  $\mu\text{m}$ ).

On scie ensuite la zone de la plaque portant les plots et le « V » grâce aux chemins de découpe U et W d'où la cale (figures 16A et 16B).

Divers avantages de la présente invention sont indiqués ci-après.

1°) Il n'est pas nécessaire d'aligner de façon précise un composant et une fibre parallèlement au plan du substrat. En effet il existe un auto-alignement entre la ou les cales et le composant mis en place par la technique des microbilles. L'erreur sur un tel auto-alignement est inférieure à 1  $\mu\text{m}$  parallèlement au plan x, y des figures 5 et 6.

En effet, lors de la refusion du matériau fusible constituant les microbilles, les forces de tension superficielle de ce matériau en fusion et les forces de mouillabilité de celui-ci sur les plots métalliques d'accrochage permettent d'obtenir un auto-alignement sur le substrat. L'axe de chaque plot d'accrochage situé sur le substrat se confond avec l'axe du plot correspondant situé sur une cale ou sur le composant.

La précision d'alignement de la cale ou des cales et du composant les uns par rapport aux autres, dans un plan parallèle au substrat, dépend uniquement

de la précision d'alignement des plots d'accrochage des microbilles du côté du composant et de la cale ou des cales par rapport aux axes optiques. Cet alignement étant de préférence obtenu par photolithographie, 5 l'erreur résultante peut être facilement rendue inférieure à  $0,3 \mu\text{m}$  avec les équipements utilisés en microélectronique.

Il en va de même pour le positionnement des plots d'accrochage sur les cales par rapport aux arêtes 10 des biseaux (cote D de la figure 1).

Du côté du substrat, les plots qui reçoivent les microbilles de la cale ou des cales et du composant étant de préférence réalisés simultanément, l'erreur relative entre plots est quasiment nulle (en 15 négligeant les dilatations thermiques).

2°) La précision d'alignement vertical de la fibre sur la ou les cales et du composant optique ou optoélectronique est très bonne car elle est relative, contrairement à la précision d'alignement d'un 20 composant en face d'une fibre calée dans un V d'un substrat qui doit être absolue.

Cette remarque est très importante car, grâce à la présente invention, il n'est plus nécessaire de maîtriser parfaitement le volume des microbilles 25 pour aligner verticalement les éléments entre eux.

Une fluctuation positive ou négative de l'épaisseur de brasure déposée, par rapport à sa valeur nominale, entraîne une fluctuation dans le même sens, par rapport au substrat d'interconnexion, de tous les 30 éléments hybridés. Le mouvement relatif est très faible, ce qui garantit le bon alignement relatif des ..... éléments entre eux. ....



3°) Les microbilles étant de préférence réalisées simultanément sur le substrat d'interconnexion et l'épaisseur de brasure déposée étant sensiblement constante, les volumes  
5 respectivement souhaités pour les microbilles sont atteints par des diamètres adaptés des disques de brasure.

4°) La réalisation, par des gravures profondes, de tranchées en forme de V dans un substrat  
10 d'interconnexion n'est plus nécessaire. Cette étape est très critique sur un substrat comportant des niveaux métalliques et diélectriques nécessaires aux connexions électriques entre des composants optoélectroniques.

5°) il n'est plus nécessaire de former des  
15 cales d'alignement dans ou sur un composant optique ou optoélectronique.

6°) Le substrat n'a plus besoin d'être en silicium monocristallin parfaitement orienté.

7°) Les cales peuvent être en silicium et  
20 biseautées par gravure au moyen de KOH. Dans ce cas, un grand nombre de cales peut être obtenu sur une même plaque de silicium. Mais les cales peuvent être également formées dans un autre matériau que le silicium.

25 Si les cales sont défectueuses, le surcoût résultant reste faible étant donné le nombre limité d'étapes pour former les cales.

8°) La réparation d'un assemblage est aisée car l'alignement peut être mesuré en fonctionnement  
30 optique avant le collage et il est donc possible de « débraser » les cales et de les remplacer. Dans le cas d'un substrat comportant un logement intégré, un défaut  
.... de réalisation implique le rejet du substrat complet.

9°) Le positionnement de la fibre par rapport au composant selon l'axe y (figure 6) est ajustable jusqu'au contact mécanique (variation de la cote Y1). Ceci poserait un problème dans le cas d'un  
5 logement en V intégré au substrat car la fibre viendrait alors buter contre la face inclinée du bout du logement ou tranchée.

## REVENDICATIONS

1. Assemblage comprenant un substrat (12) et, sur celui-ci, au moins un support (4, 6; 40, 42, 44; 66) de fibre optique, au moins une fibre optique  
5 (2) disposée dans ce support et au moins un composant optique ou optoélectronique (32), l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant étant alignés, cet assemblage étant caractérisé en ce que le support et le composant sont fixés au substrat par l'intermédiaire de  
10 microbilles (16, 38) en matériau fusible, permettant à l'axe optique (X1) de la fibre et à l'axe optique (X) du composant d'être parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, en ce que le support comprend, pour chaque fibre, un  
15 logement en forme de V ayant deux parois inclinées l'une vers l'autre, l'ouverture du V étant située sur la face du support qui n'est pas fixée au substrat, et en ce que la fibre est positionnée dans le logement, le volume de chaque microbille et le logement étant  
20 déterminés de façon que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

2. Assemblage selon la revendication 1,  
25 dans lequel le logement traverse l'ensemble du support (4, 6), le logement ayant ainsi deux arêtes inférieures, la distance séparant ces deux arêtes inférieures étant déterminée, compte tenu du diamètre de la fibre et des points d'appui de celle-ci dans le  
30 logement, pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre  
..... dans le même plan parallèle à la surface du substrat.

3. Assemblage selon la revendication 1, dans lequel le logement ne traverse pas le support (66).

4. Procédé de fabrication d'un assemblage  
5 comprenant un substrat (12) et, sur celui-ci, au moins un support (4, 6; 40, 42, 44; 66) de fibre optique, au moins une fibre optique (2) disposée dans ce support et au moins un composant optique ou optoélectronique (32),  
10 l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant étant alignés, ce procédé étant caractérisé en ce qu'on forme le support de fibre, ce support comprenant, pour chaque fibre, un logement en forme de V ayant deux parois inclinées l'une vers l'autre, l'ouverture du V étant située sur la face du support qui n'est pas fixée  
15 au substrat, et comprenant aussi une pluralité de premiers plots d'accrochage (18), en ce qu'on forme aussi une pluralité de premiers plots d'accrochage (36) sur le composant, en ce qu'on forme des deuxièmes plots d'accrochage (14, 34) sur le substrat, ces deuxièmes  
20 plots étant destinés à être respectivement associés aux premiers plots, en ce qu'on forme, sur les premiers plots et/ou les deuxièmes plots, des éléments (60, 62) faits d'un matériau fusible, apte à être brasé aux premiers et deuxièmes plots, ces premiers et deuxièmes  
25 plots étant mouillables par ce matériau à l'état fondu tandis que leur environnement ne l'est pas, en ce qu'on fixe le support et le composant sur le substrat par l'intermédiaire des éléments correspondants, ces éléments étant portés à l'état fondu à cet effet et  
30 permettant à l'axe optique (X1) de la fibre et à l'axe optique (X) du composant d'être parallèles l'un à l'autre dans un même plan perpendiculaire à une surface du substrat, et en ce qu'on positionne la fibre dans le

logement, le volume de chaque élément et le logement étant déterminés pour que l'axe optique de la fibre et l'axe optique du composant soient parallèles l'un à l'autre dans un même plan parallèle à la surface du substrat.

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100  
105  
110  
115  
120  
125  
130  
135  
140  
145  
150  
155  
160  
165  
170  
175  
180  
185  
190  
195  
200  
205  
210  
215  
220  
225  
230  
235  
240  
245  
250  
255  
260  
265  
270  
275  
280  
285  
290  
295  
300  
305  
310  
315  
320  
325  
330  
335  
340  
345  
350  
355  
360  
365  
370  
375  
380  
385  
390  
395  
400  
405  
410  
415  
420  
425  
430  
435  
440  
445  
450  
455  
460  
465  
470  
475  
480  
485  
490  
495  
500  
505  
510  
515  
520  
525  
530  
535  
540  
545  
550  
555  
560  
565  
570  
575  
580  
585  
590  
595  
600  
605  
610  
615  
620  
625  
630  
635  
640  
645  
650  
655  
660  
665  
670  
675  
680  
685  
690  
695  
700  
705  
710  
715  
720  
725  
730  
735  
740  
745  
750  
755  
760  
765  
770  
775  
780  
785  
790  
795  
800  
805  
810  
815  
820  
825  
830  
835  
840  
845  
850  
855  
860  
865  
870  
875  
880  
885  
890  
895  
900  
905  
910  
915  
920  
925  
930  
935  
940  
945  
950  
955  
960  
965  
970  
975  
980  
985  
990  
995  
1000  
1005  
1010  
1015  
1020  
1025  
1030  
1035  
1040  
1045  
1050  
1055  
1060  
1065  
1070  
1075  
1080  
1085  
1090  
1095  
1100  
1105  
1110  
1115  
1120  
1125  
1130  
1135  
1140  
1145  
1150  
1155  
1160  
1165  
1170  
1175  
1180  
1185  
1190  
1195  
1200  
1205  
1210  
1215  
1220  
1225  
1230  
1235  
1240  
1245  
1250  
1255  
1260  
1265  
1270  
1275  
1280  
1285  
1290  
1295  
1300  
1305  
1310  
1315  
1320  
1325  
1330  
1335  
1340  
1345  
1350  
1355  
1360  
1365  
1370  
1375  
1380  
1385  
1390  
1395  
1400  
1405  
1410  
1415  
1420  
1425  
1430  
1435  
1440  
1445  
1450  
1455  
1460  
1465  
1470  
1475  
1480  
1485  
1490  
1495  
1500  
1505  
1510  
1515  
1520  
1525  
1530  
1535  
1540  
1545  
1550  
1555  
1560  
1565  
1570  
1575  
1580  
1585  
1590  
1595  
1600  
1605  
1610  
1615  
1620  
1625  
1630  
1635  
1640  
1645  
1650  
1655  
1660  
1665  
1670  
1675  
1680  
1685  
1690  
1695  
1700  
1705  
1710  
1715  
1720  
1725  
1730  
1735  
1740  
1745  
1750  
1755  
1760  
1765  
1770  
1775  
1780  
1785  
1790  
1795  
1800  
1805  
1810  
1815  
1820  
1825  
1830  
1835  
1840  
1845  
1850  
1855  
1860  
1865  
1870  
1875  
1880  
1885  
1890  
1895  
1900  
1905  
1910  
1915  
1920  
1925  
1930  
1935  
1940  
1945  
1950  
1955  
1960  
1965  
1970  
1975  
1980  
1985  
1990  
1995  
2000  
2005  
2010  
2015  
2020  
2025  
2030  
2035  
2040  
2045  
2050  
2055  
2060  
2065  
2070  
2075  
2080  
2085  
2090  
2095  
2100  
2105  
2110  
2115  
2120  
2125  
2130  
2135  
2140  
2145  
2150  
2155  
2160  
2165  
2170  
2175  
2180  
2185  
2190  
2195  
2200  
2205  
2210  
2215  
2220  
2225  
2230  
2235  
2240  
2245  
2250  
2255  
2260  
2265  
2270  
2275  
2280  
2285  
2290  
2295  
2300  
2305  
2310  
2315  
2320  
2325  
2330  
2335  
2340  
2345  
2350  
2355  
2360  
2365  
2370  
2375  
2380  
2385  
2390  
2395  
2400  
2405  
2410  
2415  
2420  
2425  
2430  
2435  
2440  
2445  
2450  
2455  
2460  
2465  
2470  
2475  
2480  
2485  
2490  
2495  
2500  
2505  
2510  
2515  
2520  
2525  
2530  
2535  
2540  
2545  
2550  
2555  
2560  
2565  
2570  
2575  
2580  
2585  
2590  
2595  
2600  
2605  
2610  
2615  
2620  
2625  
2630  
2635  
2640  
2645  
2650  
2655  
2660  
2665  
2670  
2675  
2680  
2685  
2690  
2695  
2700  
2705  
2710  
2715  
2720  
2725  
2730  
2735  
2740  
2745  
2750  
2755  
2760  
2765  
2770  
2775  
2780  
2785  
2790  
2795  
2800  
2805  
2810  
2815  
2820  
2825  
2830  
2835  
2840  
2845  
2850  
2855  
2860  
2865  
2870  
2875  
2880  
2885  
2890  
2895  
2900  
2905  
2910  
2915  
2920  
2925  
2930  
2935  
2940  
2945  
2950  
2955  
2960  
2965  
2970  
2975  
2980  
2985  
2990  
2995  
3000  
3005  
3010  
3015  
3020  
3025  
3030  
3035  
3040  
3045  
3050  
3055  
3060  
3065  
3070  
3075  
3080  
3085  
3090  
3095  
3100  
3105  
3110  
3115  
3120  
3125  
3130  
3135  
3140  
3145  
3150  
3155  
3160  
3165  
3170  
3175  
3180  
3185  
3190  
3195  
3200  
3205  
3210  
3215  
3220  
3225  
3230  
3235  
3240  
3245  
3250  
3255  
3260  
3265  
3270  
3275  
3280  
3285  
3290  
3295  
3300  
3305  
3310  
3315  
3320  
3325  
3330  
3335  
3340  
3345  
3350  
3355  
3360  
3365  
3370  
3375  
3380  
3385  
3390  
3395  
3400  
3405  
3410  
3415  
3420  
3425  
3430  
3435  
3440  
3445  
3450  
3455  
3460  
3465  
3470  
3475  
3480  
3485  
3490  
3495  
3500  
3505  
3510  
3515  
3520  
3525  
3530  
3535  
3540  
3545  
3550  
3555  
3560  
3565  
3570  
3575  
3580  
3585  
3590  
3595  
3600  
3605  
3610  
3615  
3620  
3625  
3630  
3635  
3640  
3645  
3650  
3655  
3660  
3665  
3670  
3675  
3680  
3685  
3690  
3695  
3700  
3705  
3710  
3715  
3720  
3725  
3730  
3735  
3740  
3745  
3750  
3755  
3760  
3765  
3770  
3775  
3780  
3785  
3790  
3795  
3800  
3805  
3810  
3815  
3820  
3825  
3830  
3835  
3840  
3845  
3850  
3855  
3860  
3865  
3870  
3875  
3880  
3885  
3890  
3895  
3900  
3905  
3910  
3915  
3920  
3925  
3930  
3935  
3940  
3945  
3950  
3955  
3960  
3965  
3970  
3975  
3980  
3985  
3990  
3995  
4000  
4005  
4010  
4015  
4020  
4025  
4030  
4035  
4040  
4045  
4050  
4055  
4060  
4065  
4070  
4075  
4080  
4085  
4090  
4095  
4100  
4105  
4110  
4115  
4120  
4125  
4130  
4135  
4140  
4145  
4150  
4155  
4160  
4165  
4170  
4175  
4180  
4185  
4190  
4195  
4200  
4205  
4210  
4215  
4220  
4225  
4230  
4235  
4240  
4245  
4250  
4255  
4260  
4265  
4270  
4275  
4280  
4285  
4290  
4295  
4300  
4305  
4310  
4315  
4320  
4325  
4330  
4335  
4340  
4345  
4350  
4355  
4360  
4365  
4370  
4375  
4380  
4385  
4390  
4395  
4400  
4405  
4410  
4415  
4420  
4425  
4430  
4435  
4440  
4445  
4450  
4455  
4460  
4465  
4470  
4475  
4480  
4485  
4490  
4495  
4500  
4505  
4510  
4515  
4520  
4525  
4530  
4535  
4540  
4545  
4550  
4555  
4560  
4565  
4570  
4575  
4580  
4585  
4590  
4595  
4600  
4605  
4610  
4615  
4620  
4625  
4630  
4635  
4640  
4645  
4650  
4655  
4660  
4665  
4670  
4675  
4680  
4685  
4690  
4695  
4700  
4705  
4710  
4715  
4720  
4725  
4730  
4735  
4740  
4745  
4750  
4755  
4760  
4765  
4770  
4775  
4780  
4785  
4790  
4795  
4800  
4805  
4810  
4815  
4820  
4825  
4830  
4835  
4840  
4845  
4850  
4855  
4860  
4865  
4870  
4875  
4880  
4885  
4890  
4895  
4900  
4905  
4910  
4915  
4920  
4925  
4930  
4935  
4940  
4945  
4950  
4955  
4960  
4965  
4970  
4975  
4980  
4985  
4990  
4995  
5000  
5005  
5010  
5015  
5020  
5025  
5030  
5035  
5040  
5045  
5050  
5055  
5060  
5065  
5070  
5075  
5080  
5085  
5090  
5095  
5100  
5105  
5110  
5115  
5120  
5125  
5130  
5135  
5140  
5145  
5150  
5155  
5160  
5165  
5170  
5175  
5180  
5185  
5190  
5195  
5200  
5205  
5210  
5215  
5220  
5225  
5230  
5235  
5240  
5245  
5250  
5255  
5260  
5265  
5270  
5275  
5280  
5285  
5290  
5295  
5300  
5305  
5310  
5315  
5320  
5325  
5330  
5335  
5340  
5345  
5350  
5355  
5360  
5365  
5370  
5375  
5380  
5385  
5390  
5395  
5400  
5405  
5410  
5415  
5420  
5425  
5430  
5435  
5440  
5445  
5450  
5455  
5460  
5465  
5470  
5475  
5480  
5485  
5490  
5495  
5500  
5505  
5510  
5515  
5520  
5525  
5530  
5535  
5540  
5545  
5550  
5555  
5560  
5565  
5570  
5575  
5580  
5585  
5590  
5595  
5600  
5605  
5610  
5615  
5620  
5625  
5630  
5635  
5640  
5645  
5650  
5655  
5660  
5665  
5670  
5675  
5680  
5685  
5690  
5695  
5700  
5705  
5710  
5715  
5720  
5725  
5730  
5735  
5740  
5745  
5750  
5755  
5760  
5765  
5770  
5775  
5780  
5785  
5790  
5795  
5800  
5805  
5810  
5815  
5820  
5825  
5830  
5835  
5840  
5845  
5850  
5855  
5860  
5865  
5870  
5875  
5880  
5885  
5890  
5895  
5900  
5905  
5910  
5915  
5920  
5925  
5930  
5935  
5940  
5945  
5950  
5955  
5960  
5965  
5970  
5975  
5980  
5985  
5990  
5995  
6000  
6005  
6010  
6015  
6020  
6025  
6030  
6035  
6040  
6045  
6050  
6055  
6060  
6065  
6070  
6075  
6080  
6085  
6090  
6095  
6100  
6105  
6110  
6115  
6120  
6125  
6130  
6135  
6140  
6145  
6150  
6155  
6160  
6165  
6170  
6175  
6180  
6185  
6190  
6195  
6200  
6205  
6210  
6215  
6220  
6225  
6230  
6235  
6240  
6245  
6250  
6255  
6260  
6265  
6270  
6275  
6280  
6285  
6290  
6295  
6300  
6305  
6310  
6315  
6320  
6325  
6330  
6335  
6340  
6345  
6350  
6355  
6360  
6365  
6370  
6375  
6380  
6385  
6390  
6395  
6400  
6405  
6410  
6415  
6420  
6425  
6430  
6435  
6440  
6445  
6450  
6455  
6460  
6465  
6470  
6475  
6480  
6485  
6490  
6495  
6500  
6505  
6510  
6515  
6520  
6525  
6530  
6535  
6540  
6545  
6550  
6555  
6560  
6565  
6570  
6575  
6580  
6585  
6590  
6595  
6600  
6605  
6610  
6615  
6620  
6625  
6630  
6635  
6640  
6645  
6650  
6655  
6660  
6665  
6670  
6675  
6680  
6685  
6690  
6695  
6700  
6705  
6710  
6715  
6720  
6725  
6730  
6735  
6740  
6745  
6750  
6755  
6760  
6765  
6770  
6775  
6780  
6785  
6790  
6795  
6800  
6805  
6810  
6815  
6820  
6825  
6830  
6835  
6840  
6845  
6850  
6855  
6860  
6865  
6870  
6875  
6880  
6885  
6890  
6895  
6900  
6905  
6910  
6915  
6920  
6925  
6930  
6935  
6940  
6945  
6950  
6955  
6960  
6965  
6970  
6975  
6980  
6985  
6990  
6995  
7000  
7005  
7010  
7015  
7020  
7025  
7030  
7035  
7040  
7045  
7050  
7055  
7060  
7065  
7070  
7075  
7080  
7085  
7090  
7095  
7100  
7105  
7110  
7115  
7120  
7125  
7130  
7135  
7140  
7145  
7150  
7155  
7160  
7165  
7170  
7175  
7180  
7185  
7190  
7195  
7200  
7205  
7210  
7215  
7220  
7225  
7230  
7235  
7240  
7245  
7250  
7255  
7260  
7265  
7270  
7275  
7280  
7285  
7290  
7295  
7300  
7305  
7310  
7315  
7320  
7325  
7330  
7335  
7340  
7345  
7350  
7355  
7360  
7365  
7370  
7375  
7380  
7385  
7390  
7395  
7400  
7405  
7410  
7415  
7420  
7425  
7430  
7435  
7440  
7445  
7450  
7455  
7460  
7465  
7470  
7475  
7480  
7485  
7490  
7495  
7500  
7505  
7510  
7515  
7520  
7525  
7530  
7535  
7540  
7545  
7550  
7555  
7560  
7565  
7570  
7575  
7580  
7585  
7590  
7595  
7600  
7605  
7610  
7615  
7620  
7625  
7630  
7635  
7640  
7645  
7650  
7655  
7660  
7665  
7670  
7675  
7680  
7685  
7690  
7695  
7700  
7705  
7710  
7715  
7720  
7725  
7730  
7735  
7740  
7745  
7750  
7755  
7760  
7765  
7770  
7775  
7780  
7785  
7790  
7795  
7800  
7805  
7810  
7815  
7820  
7825  
7830  
7835  
7840  
7845  
7850  
7855  
7860  
7865  
7870  
7875  
7880  
7885  
7890  
7895  
7900  
7905  
7910  
7915  
7920  
7925  
7930  
7935  
7940  
7945  
7950  
7955  
7960  
7965  
7970  
7975  
7980  
7985  
7990  
7995  
8000  
8005  
8010  
8015  
8020  
8025  
8030  
8035  
8040  
8045  
8050  
8055  
8060  
8065  
8070  
8075  
8080  
8085  
8090  
8095  
8100  
8105  
8110  
8115  
8120  
8125  
8130  
8135  
8140  
8145  
8150  
8155  
8160  
8165  
8170  
8175  
8180  
8185  
8190  
8195  
8200  
8205  
8210  
8215  
8220  
8225  
8230  
8235  
8240  
8245  
8250  
8255  
8260  
8265  
8270  
8275  
8280  
8285  
8290  
8295  
8300  
8305  
8310  
8315  
8320  
8325  
8330  
8335  
8340  
8345  
8350  
8355  
8360  
8365  
8370  
8375  
8380  
8385  
8390  
8395  
8400  
8405  
8410  
8415  
8420  
8425  
8430  
8435  
8440  
8445  
8450  
8455  
8460  
8465  
8470  
8475  
8480  
8485  
8490  
8495  
8500  
8505  
8510  
8515  
8520  
8525  
8530  
8535  
8540  
8545  
8550  
8555  
8560  
8565  
8570  
8575  
8580  
8585  
8590  
8595  
8600  
8605  
8610  
8615  
8620  
8625  
8630  
8635  
8640  
8645  
8650  
8655  
8660  
8665  
8670  
8675  
8680  
8685  
8690  
8695  
8700  
8705  
8710  
8715  
8720  
8725  
8730  
8735  
8740  
8745  
8750  
8755  
8760  
8765  
8770  
8775  
8780  
8785  
8790  
8795  
8800  
8805  
8810  
8815  
8820  
8825  
8830  
8835  
8840  
8845  
8850  
8855  
8860  
8865  
8870  
8875  
8880  
8885  
8890  
8895  
8900  
8905  
8910  
8915  
8920  
8925  
8930  
8935  
8940  
8945  
8950  
8955  
8960  
8965  
8970  
8975  
8980  
8985  
8990  
8995  
9000  
9005  
9010  
9015  
9020  
9025  
9030  
9035  
9040  
9045  
9050  
9055  
9060  
9065  
9070  
9075  
9080  
9085  
9090  
9095  
9100  
9105  
9110  
9115  
9120  
9125  
9130  
9135  
9140  
9145  
9150  
9155  
9160  
9165  
9170  
9175  
9180  
9185  
9190  
9195  
9200  
9205  
9210  
9215  
9220  
9225  
9230  
9235  
9240  
9245  
9250  
9255  
9260  
9265  
9270  
9275  
9280  
9285  
9290  
9295  
9300  
9305  
9310  
9315  
9320  
9325  
9330  
9335  
9340  
9345  
9350  
9355  
9360  
9365  
9370  
9375  
9380  
9385  
9390  
9395  
9400  
9405  
9410  
9415  
9420  
9425  
9430  
9435  
9440  
9445  
9450  
9455  
9460  
9465  
9470  
9475  
9480  
9485  
9490  
9495  
9500  
9505  
9510  
9515  
9520  
9525  
9530  
9535  
9540  
9545  
9550  
9555  
9560  
9565  
9570  
9575  
9580  
9585  
9590  
9595  
9600  
9605  
9610  
9615  
9620  
9625  
9630  
9635  
9640  
9645  
9650  
9655  
9660  
9665  
9670  
9675  
9680  
9685  
9690  
9695  
9700  
9705  
9710  
9715  
9720  
9725  
9730  
9735  
9740  
9745  
9750  
9755  
9760  
9765  
9770  
9775  
9780  
9785  
9790  
9795  
9800  
9805  
9810  
9815  
9820  
9825  
9830  
9835  
9840  
9845  
9850  
9855  
9860  
9865  
9870  
9875  
9880  
9885  
9890  
9895  
9900  
9905  
9910  
9915  
9920  
9925  
9930  
9935  
9940  
9945  
9950  
9955  
9960  
9965  
9970  
9975  
9980  
9985  
9990  
9995  
10000  
10005  
10010  
10015  
10020  
10025  
10030  
10035  
10040  
10045  
10050  
10055  
10060  
10065  
10070  
10075  
10080  
10085  
10090  
10095  
10100  
10105  
10110  
10115  
10120  
10125  
10130  
10135  
10140  
10145  
10150  
10155  
10160  
10165  
10170  
10175  
10180  
10185  
10190  
10195  
10200  
10205  
10210  
10215  
10220  
10225  
10230  
10235  
10240  
10245  
10250  
10255  
10260  
10265  
10270  
10275  
10280  
10285  
10290  
10295  
10300

chaque fibre (2) est pressée contre le logement correspondant au moyen de ce capot.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel le capot (8) est transparent.

5 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel le capot comprend pour chaque fibre, une protubérance (10) par l'intermédiaire de laquelle cette fibre est pressée contre le logement correspondant.

10 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel le capot comprend une face plane (28) par l'intermédiaire de laquelle chaque fibre est pressée contre le logement correspondant, la fibre dépassant de la face du support  
15 qui n'est pas fixée au substrat.

14. Procédé selon la revendication 5, dans lequel on forme le support à partir d'une plaque (46) dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette  
20 plaque, de façon à obtenir la distance déterminée entre les deux arêtes inférieures de chaque V, on forme les premiers plots (18) correspondant au support par une technique de photolithographie et on sépare l'une de l'autre lesdites parois du logement.

25 15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel, lorsque la plaque présente une épaisseur initiale trop importante, la formation du support comprend en outre une étape d'amincissement de la plaque réalisée avant ou après la gravure du V.

30 16. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on forme le support à partir d'une plaque dans laquelle on réalise au moins deux parois en forme de V par gravure chimique et/ou mécanique de cette plaque et

on forme les premiers plots correspondant au support par une technique de photolithographie.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 16, dans lequel les premiers plots (34) correspondant au composant sont formés par une technique de photolithographie.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 17, dans lequel les deuxièmes plots (14, 34) sont formés sur le substrat (12) par une technique de photolithographie.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 18, dans lequel les éléments (60, 62) formés sur les deuxièmes plots ont tous la même épaisseur.

20. Procédé selon la revendication 19, dans lequel on fait passer à l'état fondu les éléments formés sur les deuxièmes plots, chaque élément prenant alors sensiblement la forme d'une bille (16, 38), on fait ensuite passer ces éléments en forme de bille à l'état solide et on fait passer ces derniers à l'état fondu pour assembler le composant et le support avec le substrat.

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 19 et 20, dans lequel les éléments (60, 62) sont formés simultanément par photolithographie sur les deuxièmes plots.

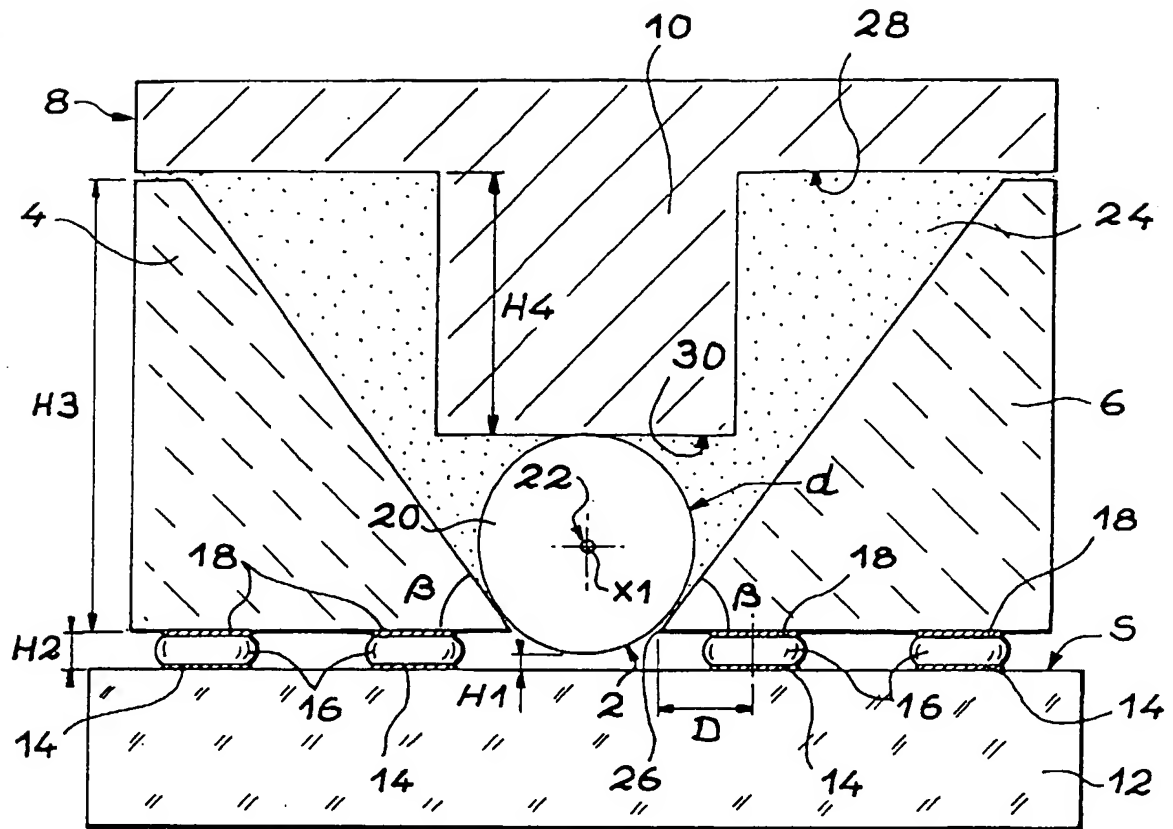


FIG. 1

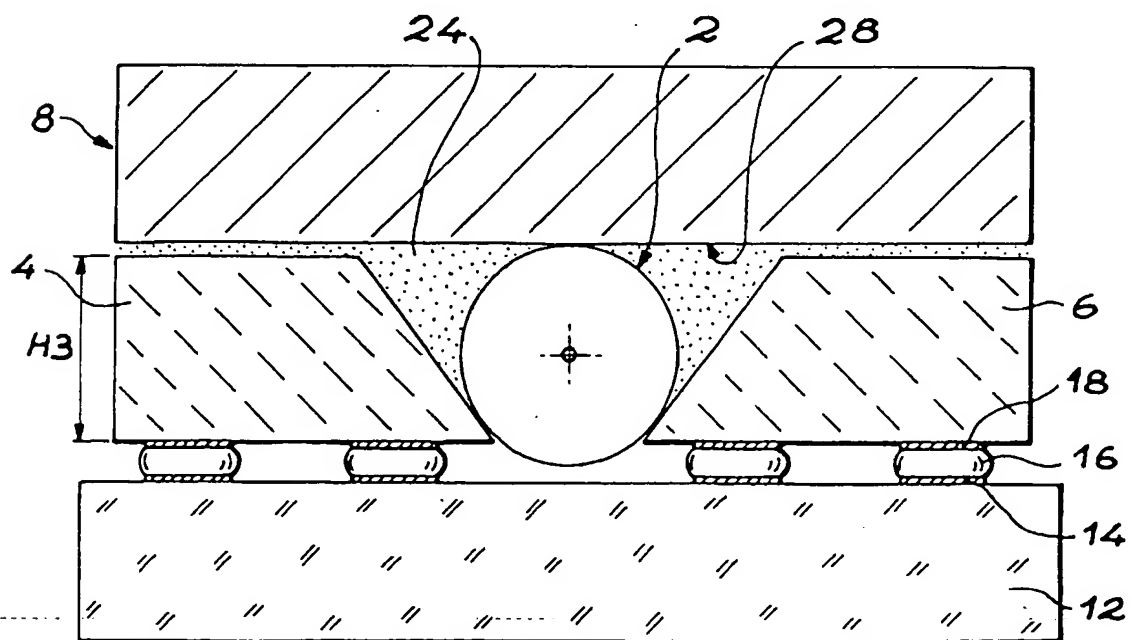


FIG. 2



2 / 8

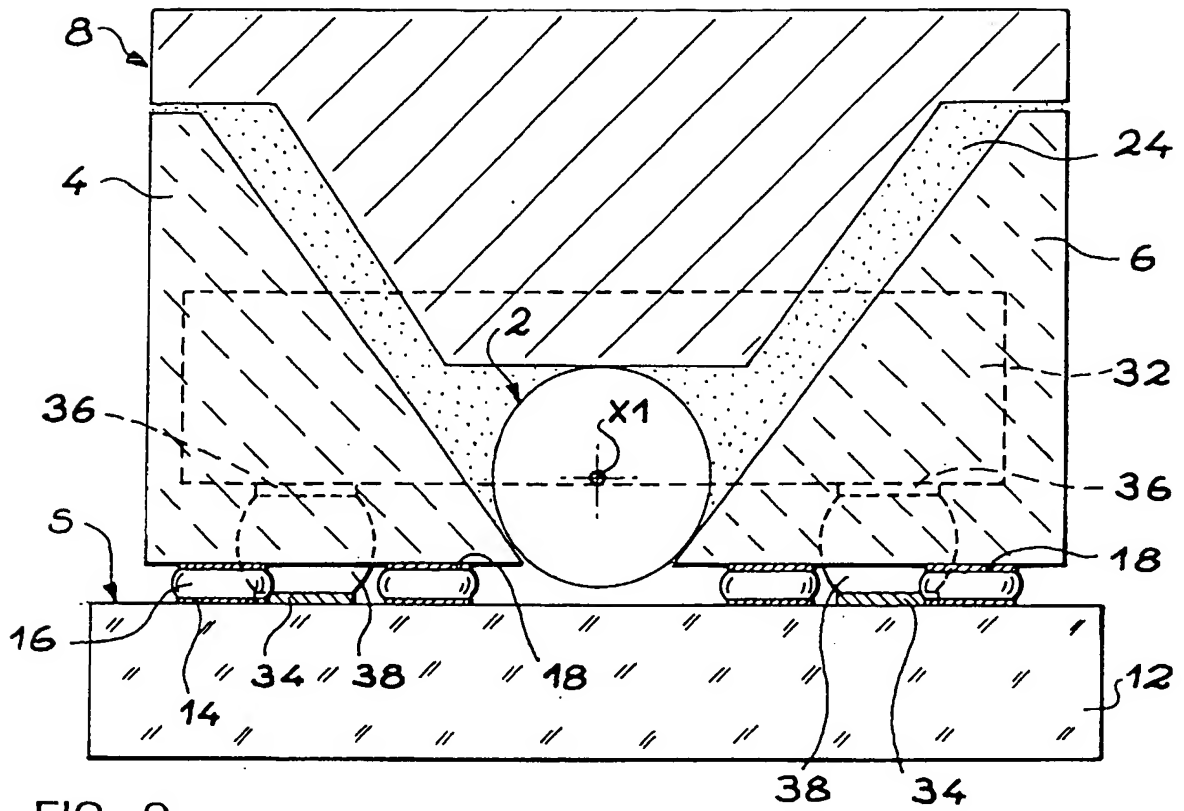


FIG. 3

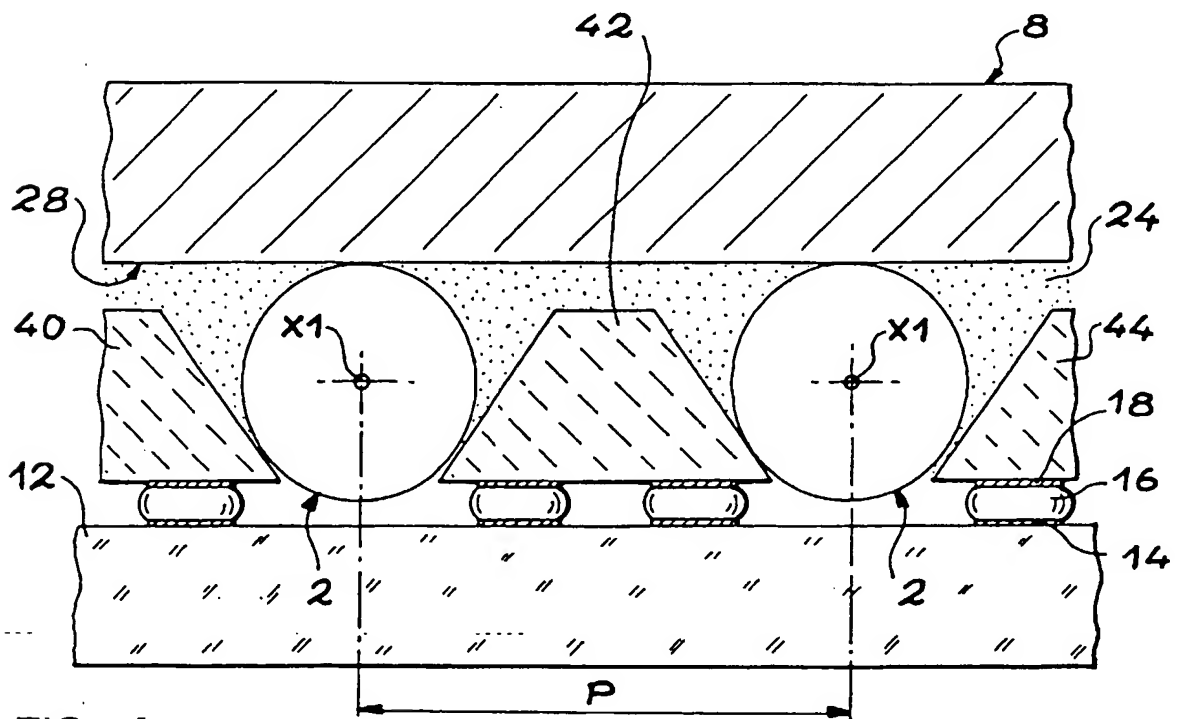


FIG. 4

3/8

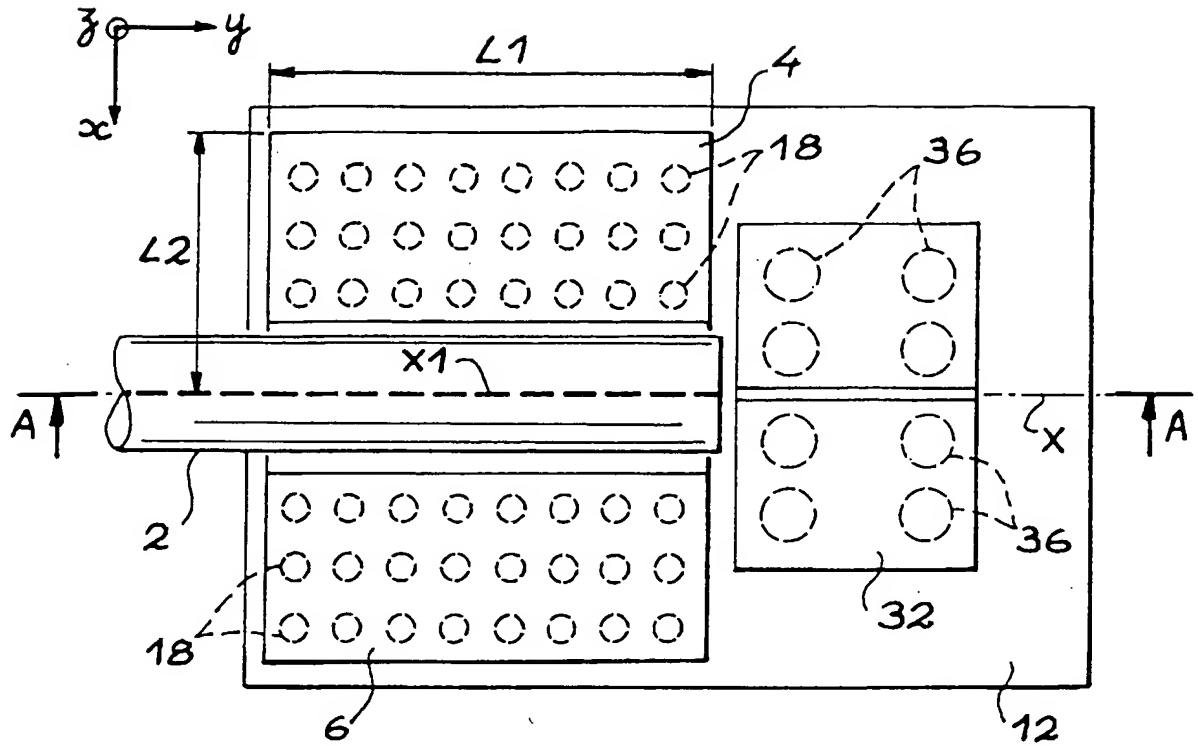


FIG. 5

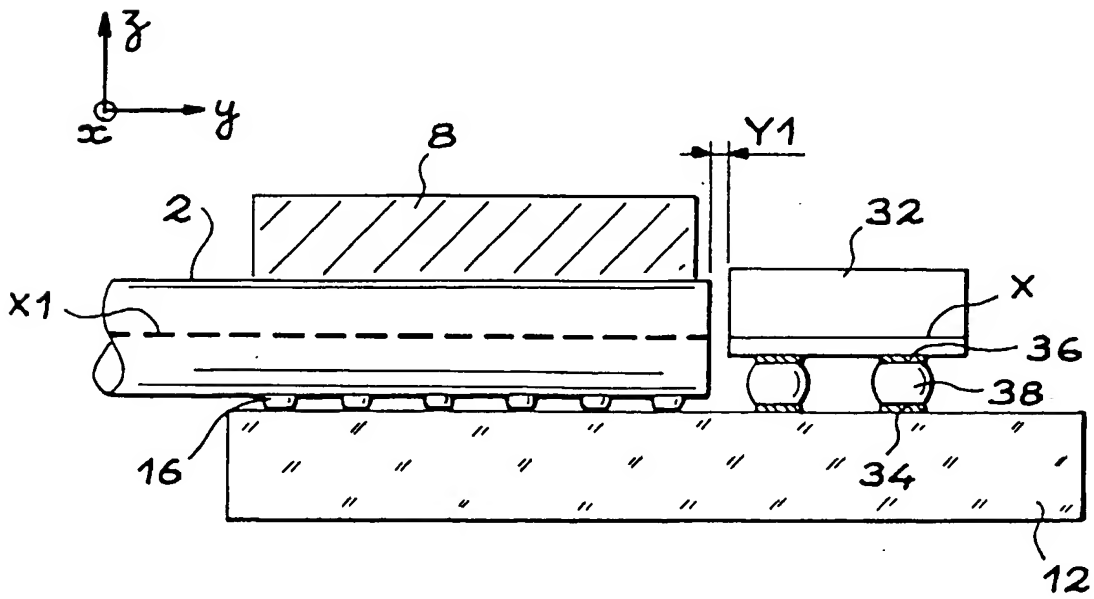


FIG. 6

4 / 8

FIG. 7

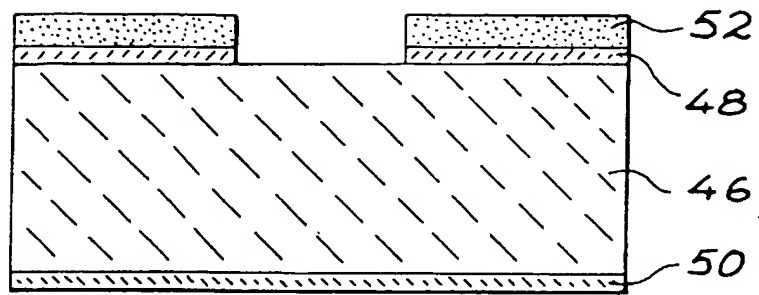


FIG. 8 A

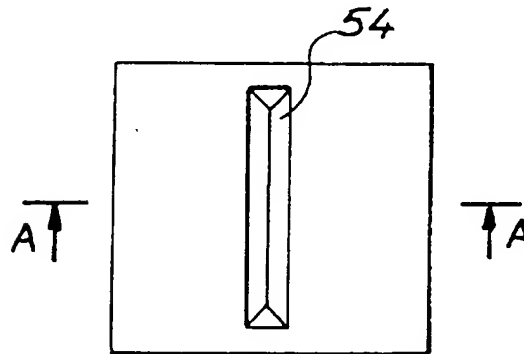


FIG. 8 B

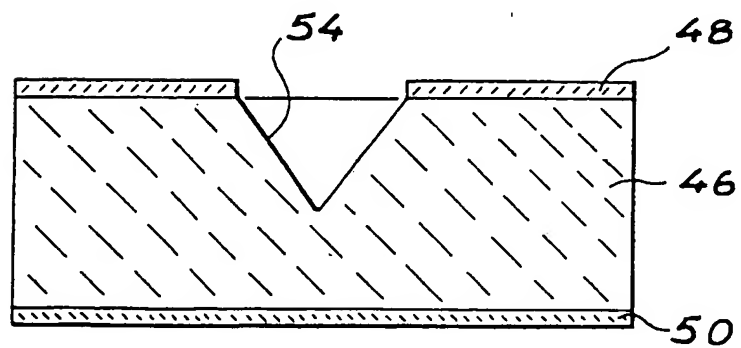
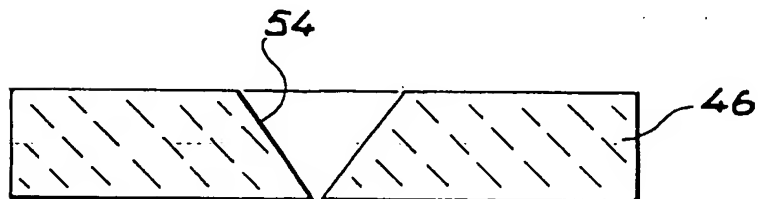


FIG. 9



5/8

FIG. 10 A

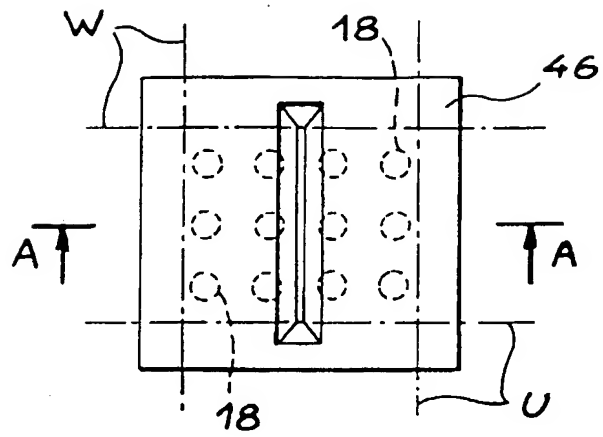


FIG. 10 B

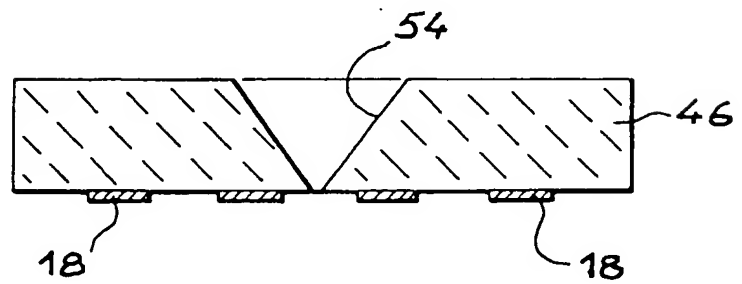


FIG. 11 A

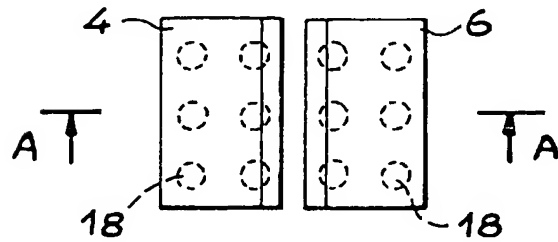
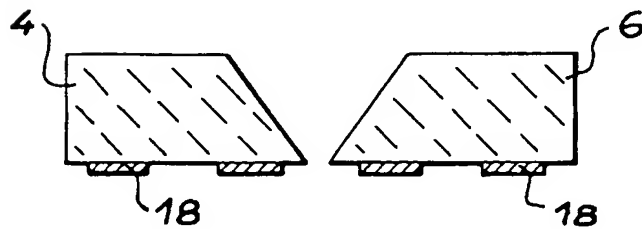


FIG. 11 B



6/8

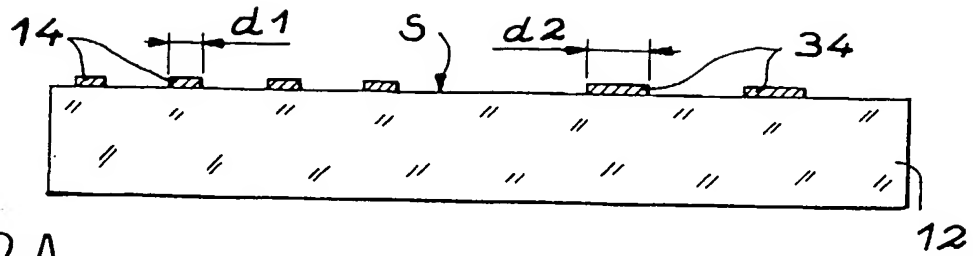


FIG. 12 A

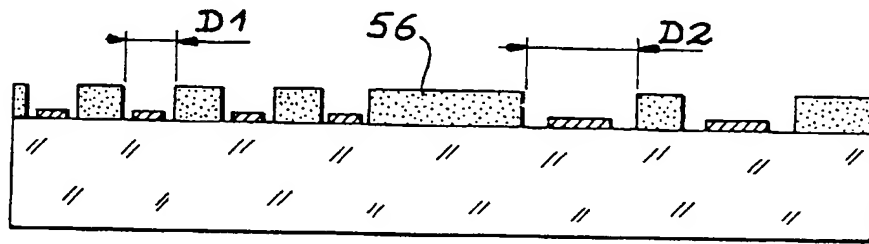


FIG. 12 B

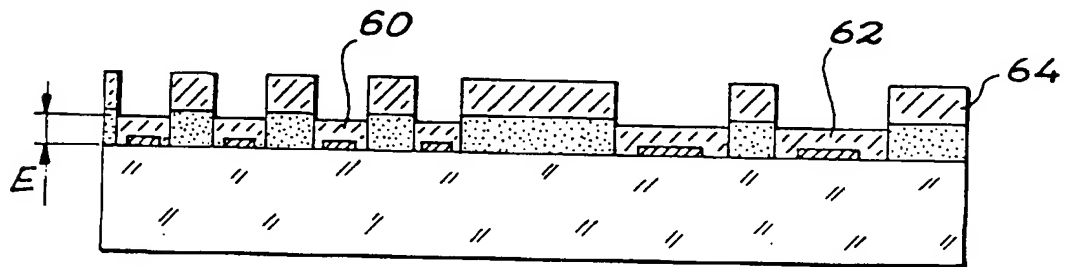


FIG. 12 C

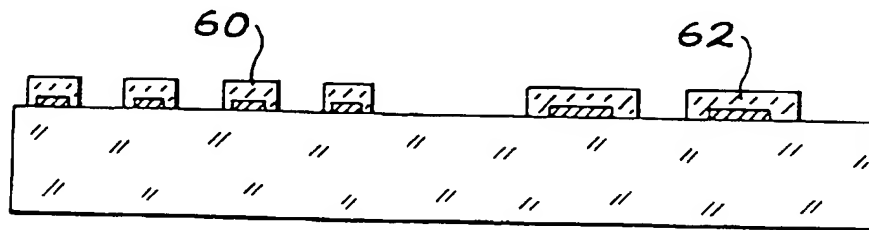


FIG. 12 D

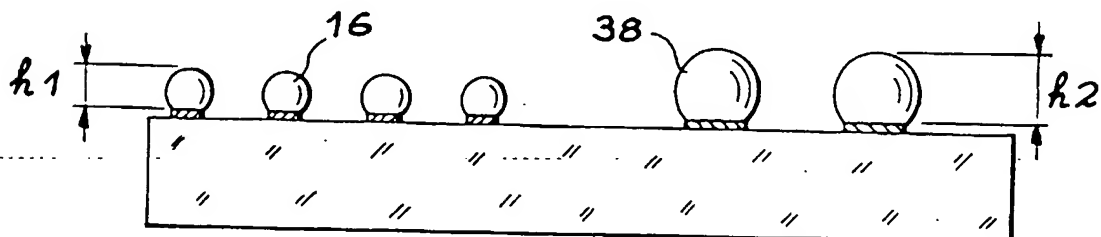


FIG. 12 E

7/8

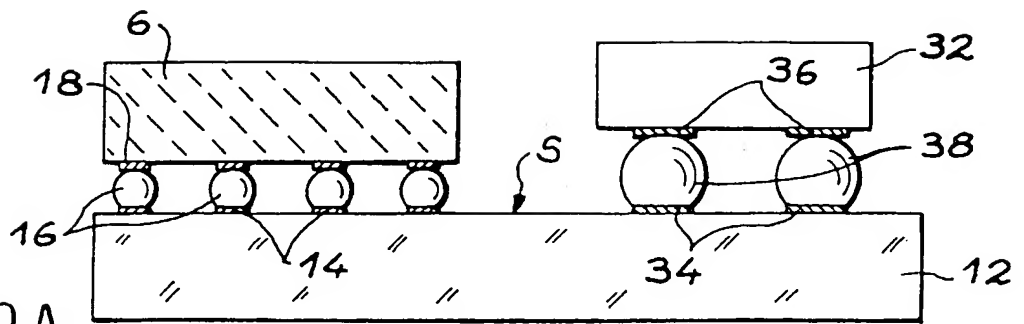


FIG. 13A

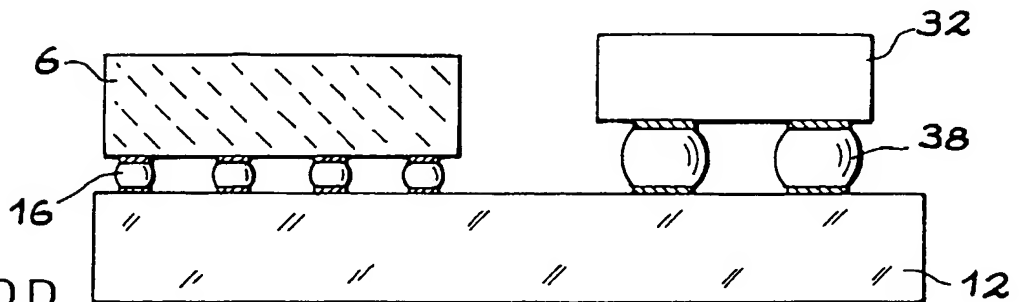


FIG. 13B

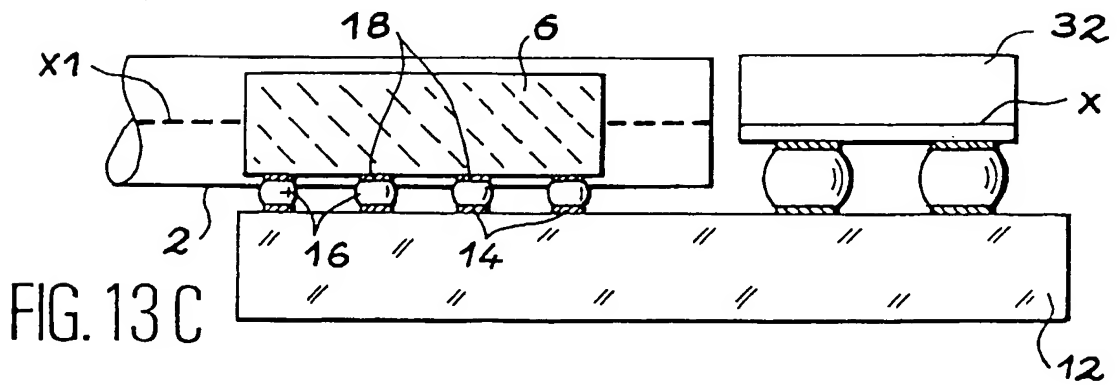


FIG. 13C

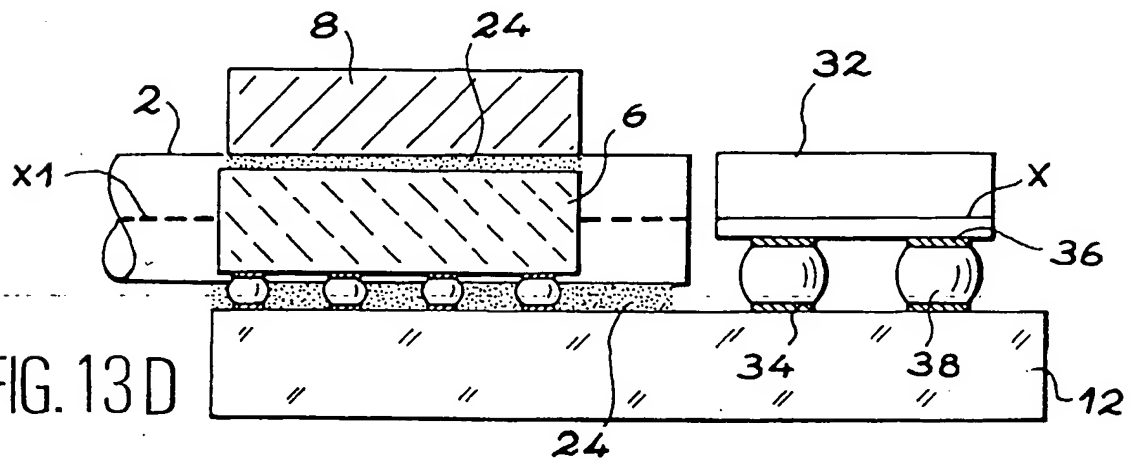
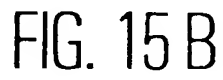
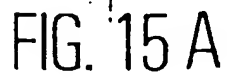


FIG. 13D



INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 561574  
FR 9807219

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
E	FR 2 757 276 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 juin 1998 * page 6, ligne 22 - page 7, ligne 14; figure 2 *	1,4
A	US 5 627 931 A (ACKLEY DONALD E ET AL) 6 mai 1997 * colonne 2, ligne 27 - colonne 4, ligne 8; figure 3 *	1,3,4,6, 8,14
A	US 5 717 803 A (ITOH MASATAKA ET AL) 10 février 1998 * abrégé; figures 1,3,7,8 *	1,4,7, 10,14
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
16 février 1999		von Moers, F
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		